



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 25 058 A 1**

⑥1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 P 9/04**  
G 01 C 19/56

②1 Aktenzeichen: 196 25 058.7  
②2 Anmeldetag: 22. 8. 96  
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 98

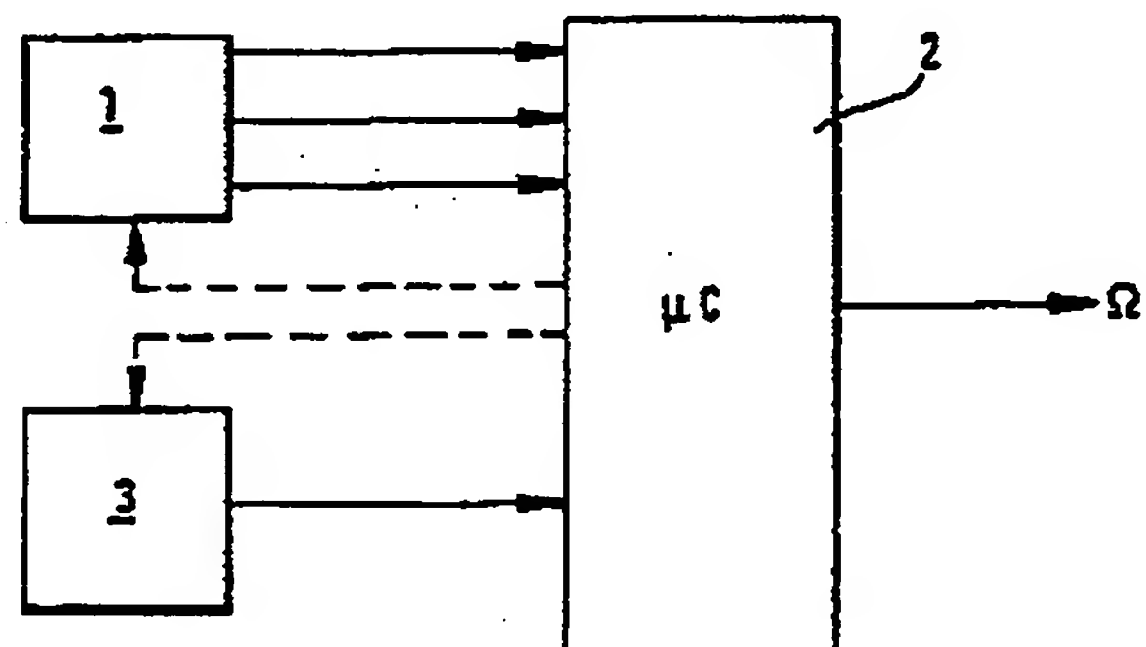
DE 196 25 058 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Abendroth, Manfred, Dr., 71672 Marbach, DE

⑥4 **Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate**

⑥7 Es wird eine Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate, insbesondere bei einem Kraftfahrzeug aufgezeigt, die zwei Sensorsysteme umfaßt, die jeweils ein von der Drehrate abhängiges Ausgangssignal liefern. Wesentlich ist, daß die beiden Sensorsysteme nach unterschiedlichen physikalischen Meßprinzipien arbeiten und eine Kombination der beiden Sensorsysteme mit Hilfe eines Mikrocontrollers erfolgt. Durch die bevorzugte Auswertung werden die Nachteile der beiden Einzelsysteme kompensiert und es wird eine Selbstüberwachung erzielt, die auch noch in der Lage ist, Offset- und Empfindlichkeitsdriften auszuschalten.



DE 196 25 058 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 061/328

10/23

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate, insbesondere bei einem Kraftfahrzeug, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Der Einsatz von Drehratsensoren, die beispielsweise nach dem Prinzip eines Vibrationsgyrometers arbeiten, ist im Zusammenhang mit Systemen zur Fahrdynamikregelung bei Kraftfahrzeugen bereits bekannt. Solche Sensoren werten den Effekt der Coriolisbeschleunigung aus.

Ein solcher Drehratensensor ist beispielsweise aus der US-PS 4 759 220 bekannt. Der Sensor besteht im wesentlichen aus einem dünnwandigen Hohlzylinder aus elastischem Material, auf dem mehrere piezoelektrische Sensorelemente angeordnet sind, wobei jeweils zwei der Sensorelemente einander gegenüberliegen. Diese Sensorelemente werden mit Hilfe einer Oszillatorschleife in konstante mechanische Antriebsschwingungen versetzt. Der Corioliseffekt bewirkt zusammen mit einer senkrecht zur Antriebsschwingung eingekoppelten Drehgeschwindigkeit eine Coriolisbeschleunigung, die eine Auslenkung der Antriebsschwingung in Coriolisrichtung zur Folge hat. Diese Auslenkung ist ein Maß für die eingekoppelte Drehrate. Die entstehende Ausgangsspannung wird mit Hilfe einer Detektorschaltung ausgewertet und letztendlich zur Bestimmung der Drehrate herangezogen.

Neben rotationssymmetrischen Strukturen werden auch andere schwingende Strukturen zur Drehratenermittlung eingesetzt. Dies sind beispielsweise Stimmgabeln oder schwingende Stäbe. Auch mikromechanische Systeme können zum Einsatz kommen, die ebenfalls auf vielseitige Weise die Corioliskraft in schwingenden Systemen ausnutzen. Der Nachteil aller schwingenden Systemen ist das Problem der Nullpunktstabilität und der Empfindlichkeitsdrift über der Temperatur und Lebensdauer. Ansprechende Kennwerte können nur mit hohem Fertigungs- und Prüfaufwand erreicht werden, wobei sich das Problem der Erkennung von Offset- und Empfindlichkeitsfehlern grundsätzlich nicht ganz vermeiden läßt.

Eine weitere Möglichkeit zur Drehratenmessung bietet die Nutzung des sogenannten Sagnac-Effektes in faseroptischen Kreisläufen. Sie sind am besten in der Lage, die technischen Anforderungen zur Nutzung im Kraftfahrzeug zu erfüllen, sind aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht kostengünstig zu fertigen.

Eine weitere Möglichkeit zur Messung der Drehrate besteht in der Nutzung eines externen Beobachters, im einfachsten Falle des Erd-Magnetfeldes, dessen Richtung mit magnetfeldempfindlichen Sensoren bzw. mit einem elektronischen Kompaß gemessen wird. In einer entsprechenden Schaltung wird die zeitliche Änderung des Winkels zwischen Erdmagnetfeld und sich drehendem Fahrzeug als momentane Drehrate ausgewertet. Problem können bei dieser Methode durch kurzzeitige Störungen des Erdmagnetfeldes, die beispielsweise durch Stahlbrücken, durch vorbeifahrende Fahrzeuge oder Schienen vorgerufen werden. Solche Störungen können eine zuverlässige Auswertung eines Drehwinkels bzw. einer Drehrate deutlich erschweren.

Da die Messung der Drehrate von Fahrzeugen ein schwieriges Problem ist und da ein Sensor, der eine solche Messung bewerkstelligen kann, in einem weiten

Temperaturbereich von etwa  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+85^{\circ}\text{C}$  arbeiten muß und gleichzeitig an die Nullpunktstabilität und Empfindlichkeitsdrift hohe Forderungen gestellt werden, stellt sich die Aufgabe, bekannte Meßvorrichtungen so zu verbessern, daß die verlangten Anforderungen erfüllt werden. Eine Vorrichtung zur Messung der Drehrate, insbesondere in Kraftfahrzeugen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erfüllt diese Aufgabe über einen Meßbereich von etwa  $0-50^{\circ}/\text{sek}$  bei einer geforderten Auflösung von  $0,2^{\circ}/\text{sek}$ .

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung der Drehrate, insbesondere in Kraftfahrzeugen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß besonders zuverlässige und genaue Messungen durchgeführt werden können. Dabei ist besonders vorteilhaft, daß die erfindungsgemäße Vorrichtung kostengünstig hergestellt werden kann. Besonders vorteilhaft ist außerdem, daß Plausibilitätsuntersuchungen ohne großen Aufwand möglich sind und ein quasi-redundantes System zur Verfügung steht, da bei Ausfall eines Sensorsystems immer noch ein zweites zur Verfügung steht. Langzeitdriften, Offset und Empfindlichkeit über der Lebensdauer werden zuverlässig ausgeschaltet, da automatisch nachkalibriert werden kann.

Erzielt werden diese Vorteile, indem eine Kombination von zwei voneinander unabhängigen Meßsystemen zur Messung von Drehraten zu einem einzigen System durchgeführt wird, wobei die Kombination so erfolgt, daß die Nachteile der Einzelsysteme verschwinden und die Vorzüge der Einzelsysteme zur Nutzung gelangen. Es werden dazu zwei Sensorsysteme verwendet, die nach unterschiedlichen Meßprinzipien arbeiten. Die Ausgangssignale beider Sensorsysteme werden miteinander verknüpft, wobei die Verknüpfung in entsprechenden Signalauswertemitteln erfolgt, die beispielsweise als Mikroprozessor ausgebildet sind.

Weitere Vorteile der Erfindung werden mit Hilfe der in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale erzielt.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 das Gesamtsystem in vereinfachter Darstellung. In den Fig. 2 und 3 sind Kalibrierungen für einen elektronischen Kompaß, der beispielsweise als erstes Sensorsystem eingesetzt werden kann, aufgezeigt. In Fig. 4 sind Ergebnisse für einen hochauflösenden Analogkompaß dargestellt und Fig. 5 zeigt ein Blockdiagramm für eine Vektorkomponente eines hochauflösenden Analogkompaß.

## Beschreibung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht darin, zwei verschiedene Meßprinzipien bzw. Meßverfahren zur Ermittlung der Drehrate eines Körpers, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges so zu kombinieren und miteinander zu verknüpfen, daß die Nachteile beider Meßverfahren kompensiert werden und gleichzeitig ein System entsteht, das sich selbst überwachen kann und darüberhinaus in der Lage ist, Offsets- und Empfindlichkeitsdriften über Temperatur und Lebensdauer zu eli-

minieren.

In Fig. 1 ist eine vereinfachte Darstellung der Gesamtanordnung dargestellt, mit einem elektronischen Kompaß 1 (erstes Sensorsystem), einem Drehratenmeßelement 3 (zweites Sensorsystem) und einem Mikrocontroller 2, der als Ausgangssignal die Drehrate  $\Omega$  liefert. Die Verknüpfung zwischen den einzelnen Bauteilen erfolgt über eine geeignete Anzahl von Verbindungsleitungen. Die Pfeilrichtung zeigt den jeweiligen Signalfluß.

Der Mikrocontroller 12 umfaßt üblicherweise auch noch einen E-Promspeicher zur Speicherung der Kennlinienparameter. Über eine geeignete Schnittstelle können die Meßwerte an ein übergeordnetes Steuergerät weitergeleitet werden. Diese Schnittstelle kann insbesondere ein CAN-Bussystem sein, über das Informationen an das Kraftfahrzeugsteuersystem weitergeleitet werden.

Das erste Sensorsystem der Vorrichtung zur Messung von Drehraten im Kraftfahrzeug umfaßt einen Kompaß mit je nach geforderter Sensorqualität bis zu 3 magnetoresistiven Sensoren. Die hohe Empfindlichkeit der magnetoresistiven Sensoren ermöglicht es, Magnetfelder in der Größenordnung des Erdmagnetfeldes in guter Auflösung zu messen. Für den Aufbau eines elektronischen Kompasses ist die gleichzeitige Messung des Erdmagnetfeldes in zwei zueinander senkrechten Richtungen parallel zur Erdoberfläche erforderlich. Dies wird auf einfache Weise mit zwei Magnetfeldsensoren realisiert. Bei einem solchen Magnetfeldsensor handelt es sich um einen extrem empfindlichen Sensor, der auf dem magnetoresistiven Effekt eines dünnen Permalloy-Films aufbaut. Der Sensor 10 enthält neben der magnetoresistiven Wheatstone-Brücke 11 eine integrierte Feldkompensations- und Set/Reset-Spule  $L_F$ ,  $L_C$ . Die integrierte Feldkompensationsspule erlaubt dabei die magnetische Feldmessung mittels einer Stromrückkopplung und erzeugt ein Ausgangssignal, das keine Empfindlichkeitsdrift aufweist.

Fig. 5 zeigt ein Block-Diagramm eines hochauflösenden Analogkompasses für eine Vektorkomponente, bei dem ein Vorverstärker mit Offset-Kompensation 12 mit dem Sensor 10 verbunden ist. Die Stromrückkopplung wird vom Stromregler 16 geregelt, die Umschaltung der Magnetfeldempfindlichkeit erfolgt mit einer "flip-source" 13, der Clock-Impulse 14 zugeführt werden. Dem phasenempfindlichen Demodulator 15 werden die Clock-Impulse 14 ebenfalls zugeführt, ebenso die Ausgangssignale des Vorverstärkers mit Offset-Kompensation. Der Demodulator 15 beeinflusst den Stromregler 16, der das Meßsignal zum Spannungs- und Stromausgang 17 liefert.

Durch die integrierten Set/Reset-Spulen kann die Richtung der Magnetfeldempfindlichkeit umgeschaltet ("flipped") werden. Dazu ist ein kurzer Stromimpuls erforderlich um eine strenge Ausrichtung der an sich ungeordneten Magnetpartikel des Permalloyfilmes zu erreichen. Ein negativer Stromimpuls setzt den Sensor zurück und kehrt damit das Vorzeichen seiner Empfindlichkeit um.

Werden periodisch alternierende Flip-Pulse in Verbindung mit einem Lock-In-Verstärker eingesetzt, ist der Ausgang des Sensors unabhängig von Sensor- und Verstärker-Offset.

Der Magnetkompaß liefert dann zwei Ausgangssignale  $U_x$  und  $U_y$ , wobei in den Signalen  $U_x$  und  $U_y$  der Winkel  $\varphi$  zum Erdmagnetfeld enthalten ist. Veranschaulicht wird dieser Zusammenhang in Fig. 2a und 2b. Das

Erdmagnetfeld wird durch den Erdmagnetfeldvektor  $F$  beschrieben. Die Messung des Erdmagnetfeldvektors mit seiner Gesamtintensität  $F = |F|$  erfolgt definitionsgemäß mit einem magnetischen Instrument, das an einer vertikalen Linie  $Z$  (Schwerkraft) und der geographischen Nordrichtung ausgerichtet ist.

Für Navigationszwecke müssen die örtliche Declination  $D$  (Winkel zwischen geographischem Nordpol und magnetischem Nordpol, Azimut, positiv nach Ost gezählt) und die Inclination  $I$  (Winkel zwischen  $F$  und dem örtlichen Meridian) bekannt sein. Es gelten folgende Beziehungen:

$$\text{Horizontale Intensität } H^* = F \cdot \cos(I) \cdot \cos(D)$$

mit den orthogonalen Komponenten:

$$\text{Nordkomponente: } X = F \cdot \cos(I) \cdot \cos(D)$$

$$\text{Ostkomponente: } Y = F \cdot \cos(I) \cdot \sin(D)$$

$$\text{Vertikalkomponente: } Z = F \cdot \sin(I)$$

Diese Zusammenhänge sind in Fig. 2 dargestellt.

Zur Bestimmung der Drehrate eines Objektes reicht es prinzipiell aus, die horizontale Intensität  $H$  bezüglich seiner  $x$ - und  $y$ -Komponenten auszuwerten, wobei die relative Lage von  $H$  zum geographischen Nordpol keine Rolle spielt:

$$H_x = H \cdot \cos\varphi$$

$$H_y = H \cdot \sin\varphi$$

$\varphi$  stellt dabei den Winkel zwischen der Längsachse des zu beobachtenden Objektes (z. B. Fahrzeug) und dem magnetischen Nordpol (Feldvektor  $H$ ) dar. Die Kenntnis von Declination und Inclination muß also nicht zwingend vorausgesetzt werden (Fig. 2b).

Um den Winkel  $\varphi$  einwandfrei bestimmen zu können, ist die Kompensation des Eigenfeldes des Einbauortes erforderlich, die entweder unter Zuhilfenahme eines Referenzkompasses oder durch die Eigendrehung des Fahrzeuges um einen bekannten Winkel erreicht werden kann. Die Kompensation des Eigenfeldes unter Zuhilfenahme eines Referenzkompasses ist nochmals in Fig. 3 (oben) dargestellt. In Fig. 3 (unten) sind die Zusammenhänge für einen bidirektionalen Kompaß, der ohne Zuhilfenahme anderer Geräte kalibriert wird, dargestellt.

Bei der Kalibrierung mit Hilfe eines Referenzkompasses wird im ersten Schritt die Nord-Süd-Richtung (N/S) und im zweiten Schritt die Ost-West-Richtung (E/W) eingemessen. Aus dem gemessenen Magnetfeldvektor  $H_m$  und dem Erdfeld  $H_e$  wird der Interferenzvektor  $H_i$  gebildet. Der Zusammenhang ist in einem X-Y-Diagramm dargestellt.

Bei der Kalibrierung des bidirektionalen Kompasses ohne Zuhilfenahme anderer Geräte wird im ersten Schritt in beliebiger Fahrzeugstellung der Magnetfeldvektor  $H_m$  gemessen. Im zweiten Schritt wird das Fahrzeug um  $180^\circ$  gedreht und wieder der Magnetfeldvektor  $H_m$  gemessen. Im dritten Schritt wird dann der Interferenzvektor  $H_i$  berechnet, wobei jeweils das Erdfeld  $H_e$  berücksichtigt wird.

In jedem Fall erfolgt die Kalibrierung des elektronischen Kompasses, unter Zuhilfenahme eines Mikrorechners, der die Kompensationswerte in einem Speicher ablegt. Der Mikrorechner sowie der Speicher kann dabei Bestandteil des Sensorsystems selbst sein oder Bestandteil einer externen Auswerteinrichtung.

Das Ergebnis des Einmessens eines Kompasses ist in Fig. 3 dargestellt. Werden die nach dem Einmessen erhaltenen Spannungen  $U_x(\varphi)$  und  $U_y(\varphi)$  in einem X-Y-Diagramm aufgetragen, entsteht ein Kreis. In Fig. 4 sind die Ergebnisse für einen hochauflösenden Analogkompaß dargestellt. Die nun erhaltenen Spannungskompo-



nenten können auf vielfältige Weise zur Bestimmung der Drehrate benutzt werden. Gleichzeitig bietet sich eine Anzahl von Algorithmen an, mit denen das ermittelte Drehratensignal auf Plausibilität überprüft werden kann.

Das Hinzufügen eines dritten Magnetfeldsensors senkrecht zur X-Y-Ebene ermöglicht die Messung der Z-Komponente des Erdmagnetfeldes ( $U_z$ ). Damit kann eine zusätzliche Plausibilitätsprüfung der Magnetfeldwerte erreicht werden. Das Erdmagnetfeld ist in Mitteleuropa etwa um  $70^\circ$  gegen die Erdoberfläche geneigt. Diese Kenntnis kann zur Plausibilitätsüberprüfung herangezogen werden. Die Ausgangsspannung  $U_z$  wird zusätzlich durch die augenblickliche Neigung des Fahrzeuges beeinflusst, sie kann nur in einem bestimmten Bereich schwanken, sofern reguläre Fahrbedingungen vorliegen. Diese regulären Fahrbedingungen werden durch Nickschwingungen, Bergauf- bzw. Bergabfahrt gestört. Die daraus resultierenden Abweichungen müssen bei der Plausibilitätsüberprüfung berücksichtigt werden.

Da bei der alleinigen Verwendung eines elektronischen Kompasses eine große Störempfindlichkeit zu erwarten ist, die durch Fremdfelder oder Störungen des Erdmagnetfeldes, beispielsweise durch Brücken, Schienen, vorbeifahrende andere Fahrzeuges und ähnliches, hervorgerufen werden, könnten ohne Schutzmaßnahmen falsche Drehraten ermittelt werden. Die erwähnten Störungen können Signalveränderungen in X- und Y-Richtung erzeugen, die fälschlicher Weise als Drehrate interpretiert werden könnten. Durch Verwendung eines dritten Sensors, der die Z-Richtung des Erdmagnetfeldes detektiert, können unter Zuhilfenahme von bestimmten von Algorithmen die Störungen eindeutig als solche erkannt werden. In solchen Fällen ist es jedoch nicht möglich, aus den Signalen des elektronischen Kompasses die Drehrate zu gewinnen.

Aus diesem Grund wird erfindungsgemäß ein zweites Sensorsystem eingesetzt, das auf der Grundlage eines anderen physikalischen Wirkprinzips auf eine Drehrate  $\Omega$  reagiert. Dieses zweite Sensorsystem kann beispielsweise ein Sensorsystem sein, das aufgrund der Corioliskraft wirkt. Ein solches Sensorsystem ist beispielsweise eine Stimmgabel, ein schwingender Zylinder, ein mikro-mechanischer Schwinger, schwingende Stäbe oder ein magnetohydrodynamischer Kreisel. Solche Sensoren sind im Prinzip bereits bekannt und werden auch zur Ermittlung einer Drehrate eingesetzt. Die Kombination zweier Sensorsysteme, die mit zwei verschiedenen Meßprinzipien die Drehrate ermitteln lassen, stellt die Besonderheit des beanspruchten Systems dar.

Da das erste Sensorsystem im nicht gestörtem Zustand üblicherweise sehr genaue Informationen bezüglich der Drehrate liefert, werden an das zweite Sensorsystem nicht die üblicherweise hohen Anforderungen bezüglich Nullpunktstabilität, Stabilität der Empfindlichkeit und Linearität gestellt. Es kann daher ein einfaches und billiges, sogenanntes Low-Cost-Element eingesetzt werden wie es heute beispielsweise zur Bildstabilisierung bei Videokameras benutzt wird. Komplizierte Fertigungs- und Abgleichsstrategien, die bei heutigen Anforderungen an "Stand-Alone"-Sensorlösungen erforderlich sind, entfallen bei einem solchen Element, da im Zusammenwirken mit einem elektronischen Kompaß die Möglichkeit besteht, das zweite Sensorsystem, also den Low-Cost-Drehratensensor ständig neu zu kalibrieren und so Kennwerte zu erreichen, die den hochwertigen teuren Geräte eigen sind.

Die erste Kalibrierung des zweiten Sensorsystem erfolgt nach der Montage im Fahrzeug im Zusammenwirken mit dem ersten Sensorsystem, also dem elektronischen Kompaß. Die ermittelten Parameter bezüglich Offset und Empfindlichkeit werden in einem Speicher abgelegt. Während des Fahrbetriebes kann das zweite Sensorsystem bzw. das gesamte Sensorsystem durch den Kompaß in solchen Phasen, in denen das Kompaßsignal plausibel ist, überwacht werden und die Kalibrierung erneuert werden, falls sich beispielsweise durch Langzeiteffekte die Kennwerte des Sensors verändert haben.

Die Kombination von zwei unterschiedlichen Wirkprinzipien eröffnet demnach auch die Möglichkeit, das Drehratensignal besser als bisher möglich auf Plausibilität zu überprüfen, da ein quasi-redundantes System zur Verfügung steht.

Weiterhin ist die Möglichkeit vorhanden, das heute vorhandene Problem der Langzeitdrift, also der Drift des Offset und der Empfindlichkeit über die Produktlebensdauer zu eliminieren, da ständig automatisch nachkalibriert werden kann. Die Verknüpfung der beiden Sensorsignale erfolgt in einem Mikrocontroller mit geeignetem mehrkanaligen Analog-Digitalwandler und einer leistungsfähigen Arithmetikeinheit, die in der Lage ist, die aufwendigen Kalibrieralgorithmen abzuarbeiten.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate, insbesondere bei einem Kraftfahrzeug, mit einem ersten Sensorsystem, das ein von der Drehrate abhängiges Signal abgibt und nach einem ersten Meßprinzip arbeitet, mit Signalauswertemitteln, die aus dem zugeführten Signal die Drehrate ermitteln, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein zweites Sensorsystem, das ein von der Drehrate abhängiges Signal abgibt und nach einem zweiten Meßprinzip arbeitet, vorhanden ist, daß die Signale des zweiten Sensorsystems den Signalauswertemitteln zugeführt werden und bei der Ermittlung der Drehrate mitberücksichtigt werden.

2. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Sensorsystem ein elektronischer Kompaß ist, der ein Ausgangssignal liefert, das vom Erdmagnetfeld abhängig ist und das zweite Sensorsystem eine schwingende Struktur umfaßt, die ein von der Corioliskraft abhängiges Signal liefert.

3. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalauswertemittel einen Mikrocontroller umfassen, der die Ausgangssignale der beiden Sensorsysteme zur Ermittlung der Drehrate kombiniert.

4. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrocontroller die Ausgangssignale der beiden Sensorsysteme zueinander in Bezug setzt und Plausibilitätsüberprüfungen zur Erkennung einer Störung durchführt.

5. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Sensorsystem ein Kompaß mit wenigstens zwei in einer Wheatstone-Brücke angeordneten magnetoresistiven Sensorelementen ist, der die X- und die Y-Komponente des Erdmagnetfeldes ermittelt und ein entspre-

chendes Ausgangssignal liefert.

6. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein drittes magnetoresistives Sensorelement vorhanden ist, das die Z-Komponente des Erdmagnetfeldes mißt.

7. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Sensorsystem eine schwingende Struktur umfaßt, die entweder eine Stimmgabel, schwingende Stäbe oder schwingende rotationssymmetrische Strukturen umfaßt oder ein mikromechanisches System, das von der Corioliskraft abhängig ist.

8. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Sensorsystem vor der ersten Inbetriebnahme kalibriert wird, wobei die dabei erhaltenen Werte für den Offset und die Empfindlichkeit in einem Speicher des Mikrocontrollers abgelegt werden und bei der späteren Ermittlung einer Drehrate berücksichtigt werden.

9. Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Sensorsystem laufend in Abhängigkeit von plausiblen Signalen des ersten Sensorsystems kalibriert wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

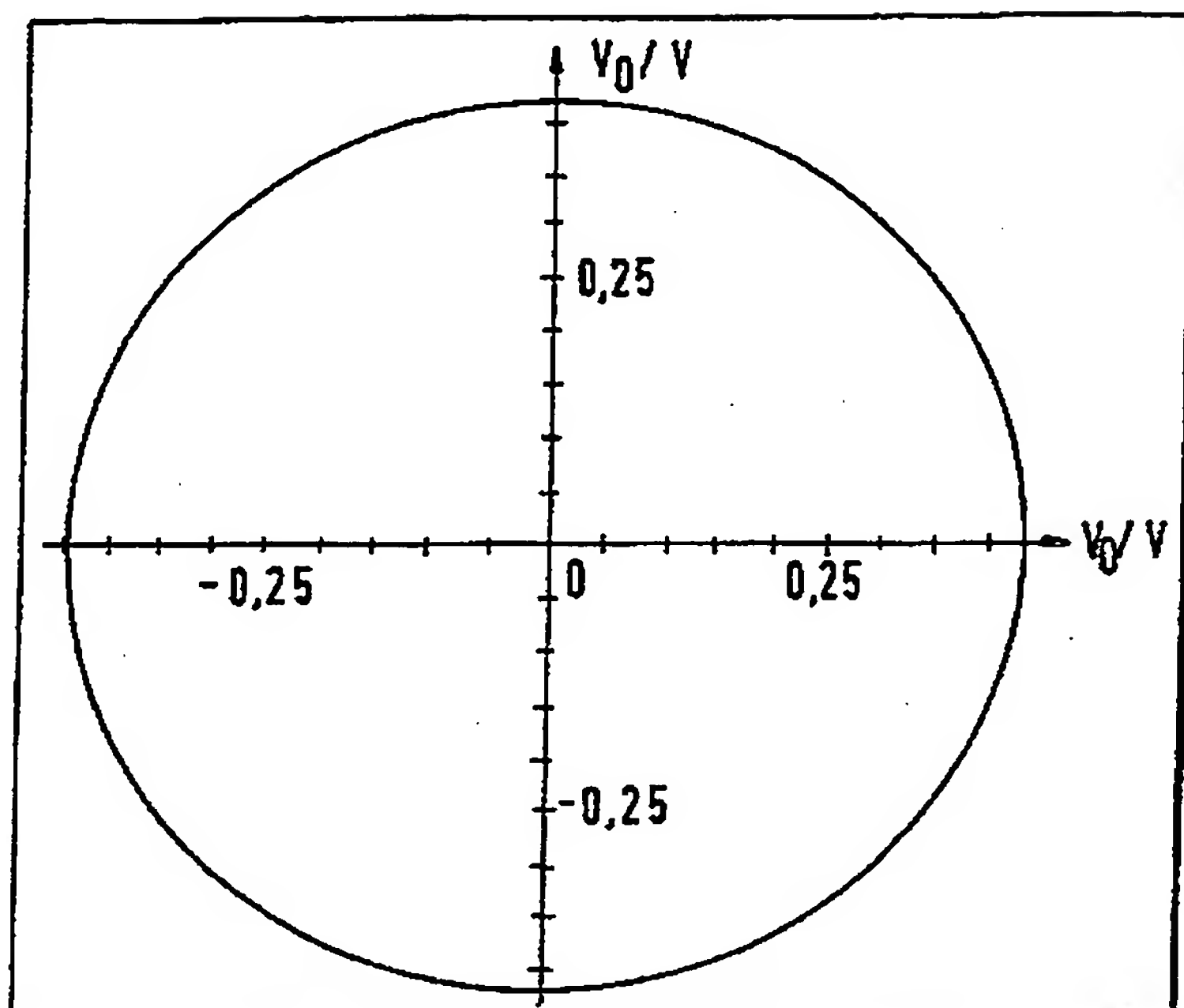


Fig. 4

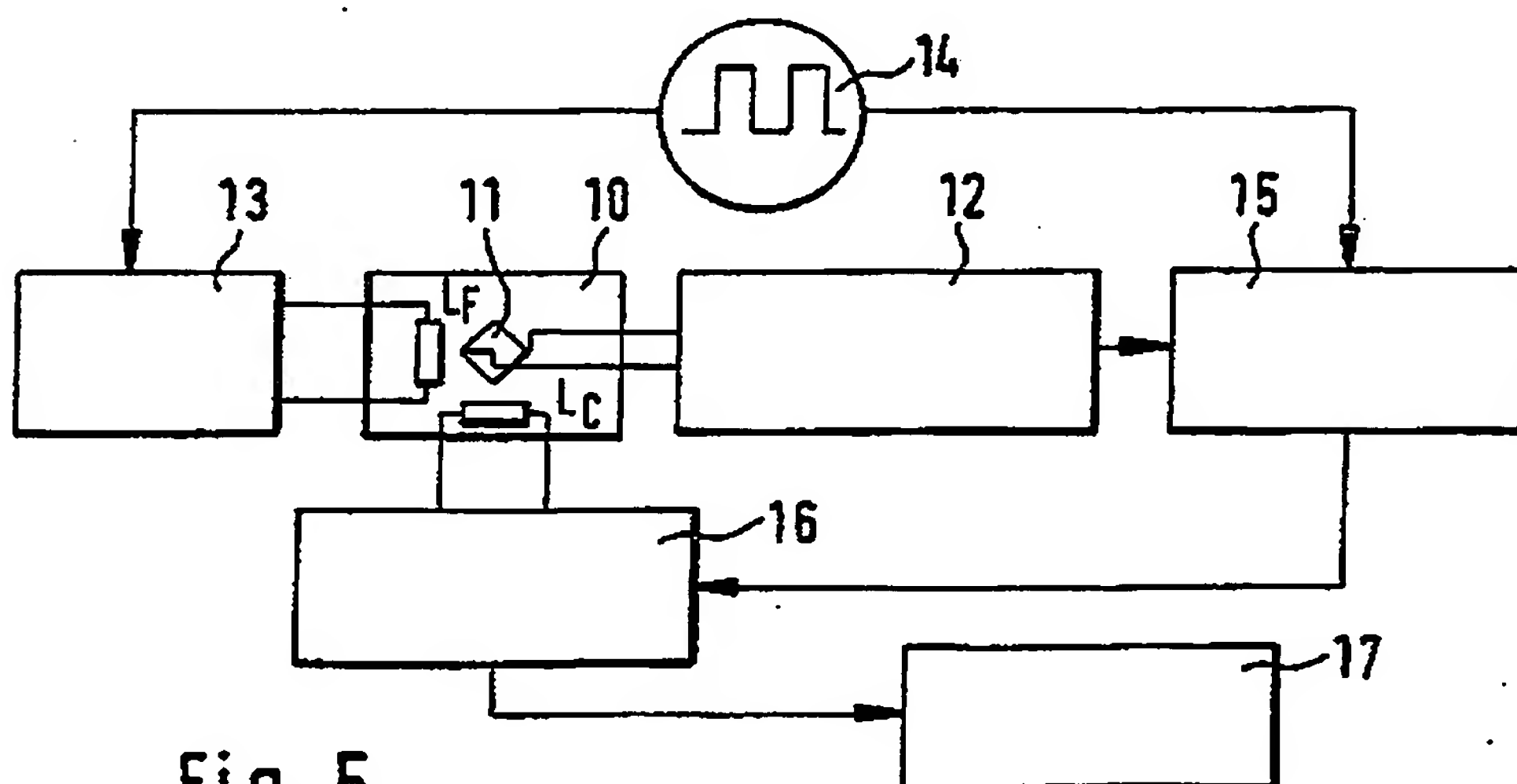


Fig. 5

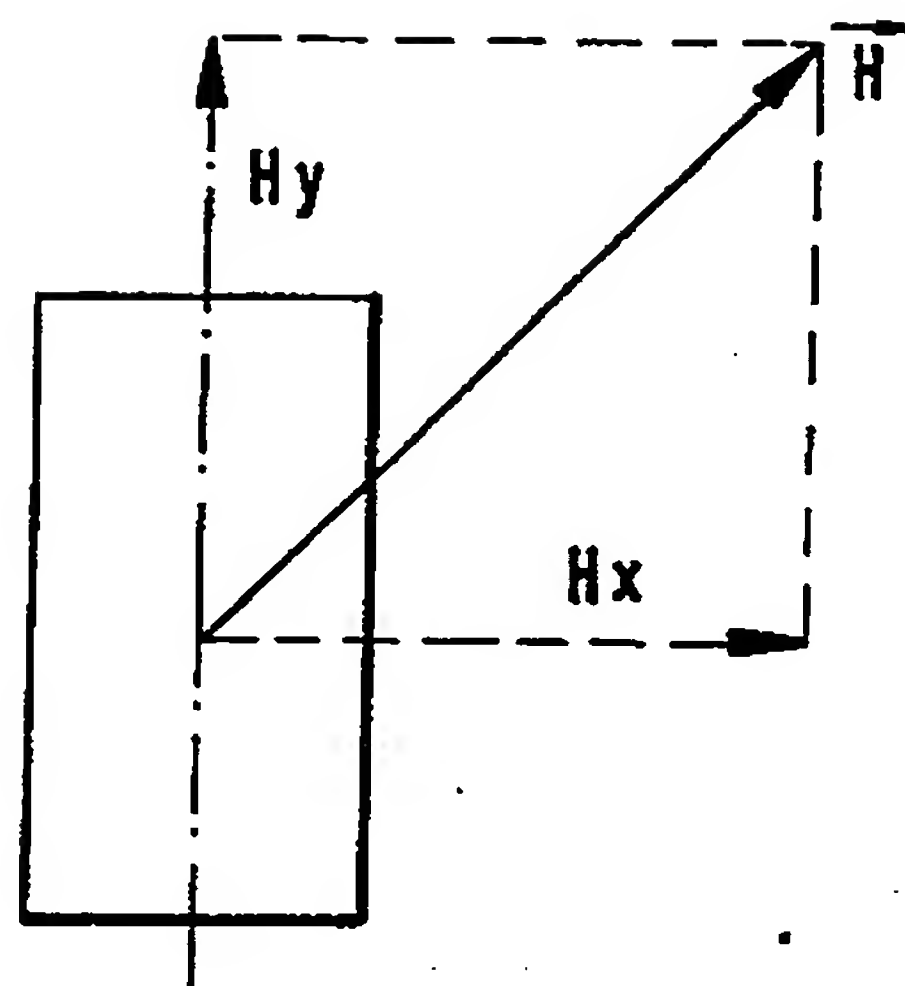


Fig. 2b

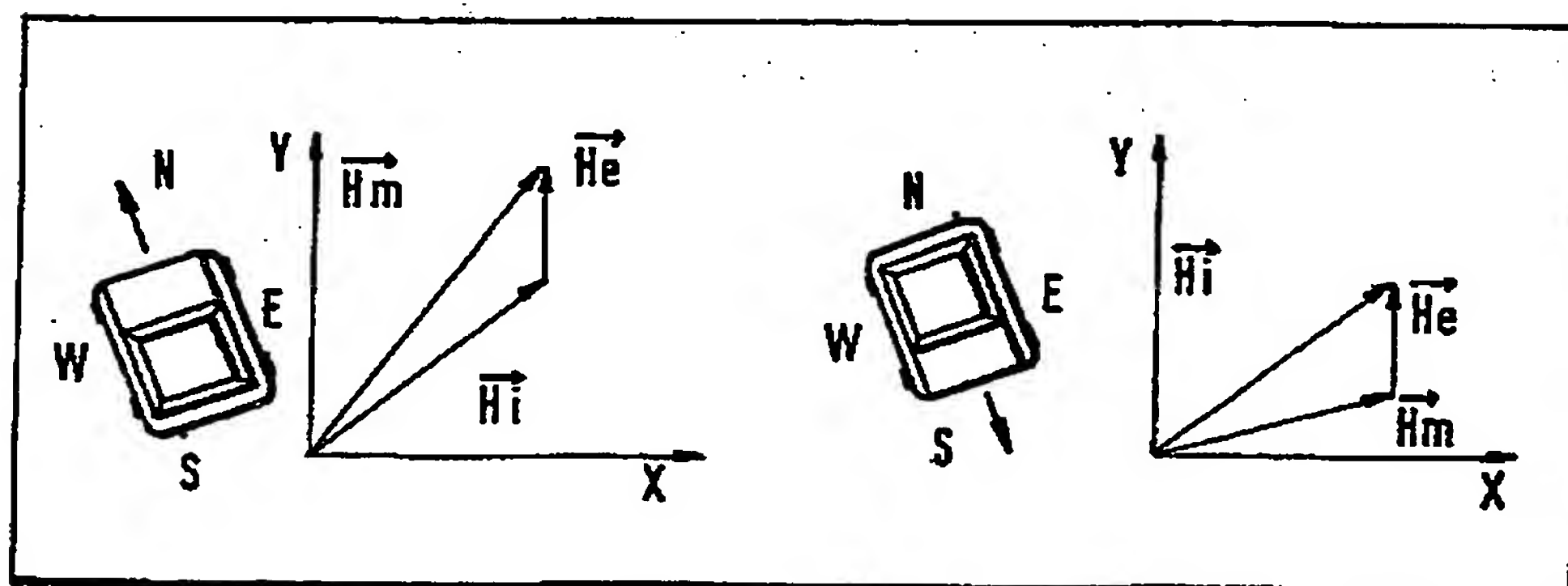
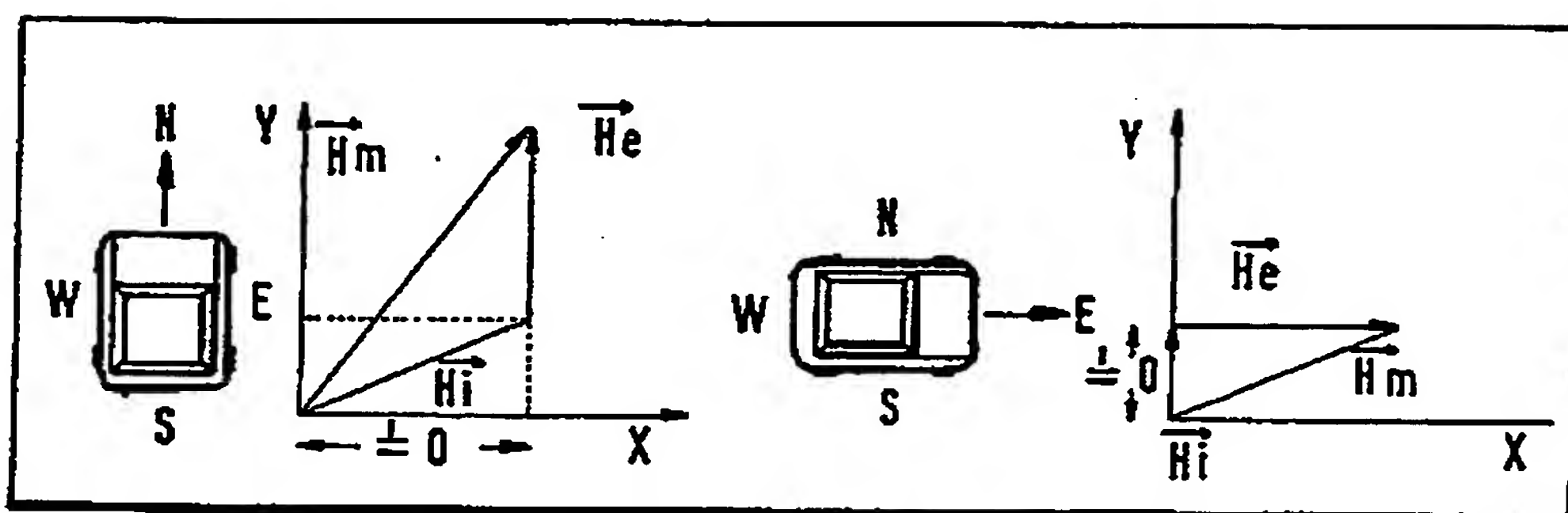


Fig. 3

